



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель ОП


_____ Бочарова А.А.
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)

«24» января 2020 г.

Заведующий кафедрой механики и математического
моделирования


_____ Бочарова А.А.
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)

«24» января 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика

Магистерская программа Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Форма подготовки (очная)

курс 1,2 семестр 2,3

лекции 36 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 36 час.

в том числе с использованием МАО лек. 8 /пр. /лаб. 26 час.

всего часов аудиторной нагрузки 90 час.

в том числе с использованием МАО 34 час.

самостоятельная работа 72 час.

в том числе на подготовку к экзамену - 27 час.

контрольные работы (количество)

курсовая работа / курсовой проект 3 семестр

зачет 2 семестр

экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного федеральным государственным автономным учреждением высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» для реализуемых основных профессиональных образовательных программ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 г. № 1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования протокол № 5 от «24» января 2020 г.

Заведующий кафедрой: А.А.Бочарова
Составитель: ассистент А.В. Морковин

-

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Цели и задачи освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» предназначена для студентов 1, 2 курса, обучающихся по направлению 15.04.03 «Прикладная механика», магистерская программа «Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов». Дисциплина входит в базовую часть блока «Дисциплины (модули)» (Б1.Б.03).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (36 часов), лабораторные работы (36 часов), самостоятельная работа студента (72 часа). В 3-м семестре предусматривается выполнение курсовой работы. Дисциплина реализуется на 1,2 курсе в 2,3-м семестре. Форма контроля – зачет – 2 семестр, экзамен – 3 семестр.

Цель: является изучение численных методов инженерных расчётов и сопутствующего математического аппарата, применяемых при решении задач механики, а также освоение способов построения и компьютерной реализации математических моделей механических систем.

Задачи:

1. Изучение основных понятий, концепций и алгоритмов вычислительной механики;
2. Овладение важнейшими методами решения прикладных задач в области вычислительной механики;
3. Формирование устойчивых навыков по применению арсенала методов вычислительной механики при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;
4. Ознакомление с историей и логикой развития вычислительной механики.

Для успешного изучения дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности;

- готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям;

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
способностью владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-13)	Знает	сущность и роль информации в развитии современного информационного общества, основные требования информационной безопасности
	Умеет	применять современные компьютерные технологии в научных исследованиях и при решении практических задач в рамках научно-исследовательской и профессиональной деятельности
	Владеет	основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией
способностью владеть одним из иностранных языков на уровне чтения	Знает	основные принципы построения устной и письменной речи на

и понимания научно-технической литературы, способностью общаться в устной и письменной формах на иностранном языке (ОК-14)		русском и иностранных языках
	Умеет	использовать основные лексико-грамматические средства в коммуникативных ситуациях бытового, официально-делового и научного общения; понимать содержание различного типа текстов на иностранном языке.
	Владеет	навыками письма и общения на английском языке, умением логически верно и грамотно выстраивать свою речь и письмо на русском языке, навыками технического перевода
владением средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, быть готовым к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-17)	Знает	методики развития и совершенствования своего физического, интеллектуального и общекультурного уровня
	Умеет	планировать своё физическое, интеллектуальное и культурное развитие; ставить перед собой адекватные цели и добиваться их осуществления, сопоставлять достигнутое с поставленными целями.
	Владеет	способами духовного и интеллектуального самопознания, саморазвития и самосовершенствования
готовностью руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-5)	Знает	особенности и механизмы руководства коллективом в сфере научной или педагогической деятельности
	Умеет	анализировать, распознавать, понимать и правильно оценивать работу научного или научно-педагогического коллектива на основе системного подхода
	Владеет	способностями коллективного решения задач в сфере научной или педагогической деятельности при условии толерантного отношения к социальным, этническим, конфессиональным и культурным различиям
способностью самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые	Знает	основы применения современных систем компьютерной математики и проектирования для решения задач прикладной механики

системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач	Умеет	применять современные теории и вычислительные системы, осуществлять проектирование деталей и узлов с использованием программных систем компьютерного проектирования (CAD-систем) на основе эффективного сочетания передовых CAD/CAE-технологий, выполнять многовариантные конечно-элементные расчеты
	Владеет	навыками применения наукоемких компьютерных технологий (CAD/CAE-систем), проектирования и компьютерного инжиниринга для эффективного решения задач прикладной механики

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- проблемная лекция;
- лабораторная работа с использованием программных средств.
- рейтинговый метод.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 час.)

Раздел 1. Элементы вычислительной и линейной алгебры (8 час.)

Тема 1. Предмет вычислительной механики, её основные разделы.(4 час.) Задача решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ); матричная запись СЛАУ. Векторные и матричные нормы. Важнейшие векторные нормы в конечномерном пространстве; важнейшие матричные нормы. Диагональные и треугольные матрицы. Решение СЛАУ с треугольными матрицами. Важнейшие матричные разложения. Разложение

для метода Холецкого. Решение СЛАУ при помощи метода Холецкого. Алгоритм построения разложений для метода Холецкого.

Тема 2. Метод LU-разложения, итерационные методы решения СЛАУ (4 час.). Решение СЛАУ при помощи метода LU-разложения. Сопоставление методов Гаусса и LU-разложения без выбора ведущего элемента. Элементарные нижние треугольные матрицы, их свойства. Получение решения СЛАУ $Ax = b$ при наличии разложения $PA = LU$. Представление действительных чисел в компьютере. Машинное эpsilon и его свойства. Моделирование вычислительной погрешности в методе LU-разложения. Вычислительная устойчивость метода LU-разложения. Итерационные методы нахождения корней систем нелинейных уравнений; скорость сходимости итерационного метода. Критерии останова в задаче нахождения корня нелинейного уравнения и их обоснование. Метод простых итераций. Использование интерполяции в задаче нахождения корней нелинейных уравнений: вывод расчётных формул метода секущих, идея метода парабол.

Раздел 2. Введение в теорию интерполяции (8 час.)

Тема 1. Постановка основной задачи интерполяции. (4 час.) Уравнения интерполяции; вид этих уравнений в задаче о монотонной интерполяции по трём узлам. Линейные алгоритмы интерполяции; обобщённые многочлены. Системы Чебышёва. Теорема о существовании и единственности решения задачи интерполяции обобщёнными многочленами.

Тема 2. Построение интерполяционного многочлена в форме Лагранжа; его существование и единственность. (4 час.) Линейная интерполяция по двум узлам. Рекуррентное соотношение Эйткена; схема Эйткена. Различные варианты записи интерполяционного многочлена Лагранжа. Алгоритмы вычисления значений интерполяционного многочлена Лагранжа

Раздел 3 Компьютерный инжиниринг(8 час.)

Тема 1. Современные аспекты системы компьютерного инжиниринга. Создание систем мультидисциплинарных исследований (4 час.) Основные тенденции и подходы современного компьютерного инжиниринга. Передовые компьютерные технологии, использующие современные средства визуализации.

Тема 2. Примеры использования систем CAD-CAE в современных исследованиях, разработках, проектах (4 час.). Научно-технический компьютерный инжиниринг, основанный на эффективном применении мультидисциплинарных надотраслевых CAE-систем. Математические модели, обладающие высоким уровнем адекватности реальным объектам и реальным физико-механическим процессам.

Раздел 4. Использование конечно-элементных пакетов (12 час.)

Тема 1. Основы метода конечных элементов (6 час.) Средства и инструменты используемых вычислительных пакетов. Построение геометрических моделей средствами Inventor.

Тема 2. Принципы расчетов с использованием конечно-элементных пакетов (6 час.). ANSYS Workbench, ANSYS Mechanical, Fluent, Solid Works. Расчет напряженно-деформированного состояния деталей. Расчет напряженного деформированного состояния стержневых и балочных конструкций.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (54 час.)

Практические занятия (36 часов)

Занятие 1-3. Исследование различных моделей механики деформируемого тела – моделей теории оболочек для расчета деталей и конструкций. (12 час.)

Занятие 4-6. Исследование различных моделей механики деформируемого тела – моделей теории пластичности и ползучести для исследования процессов механики и расчета конструкций. (12 час.)

Занятие 7-9. Построение моделей процессов механики жидкости. Конвективный теплообмен в пористой среде.(12 час.)

Лабораторные работы (36 час.)

Лабораторная работа № 1. Точные и приближённые методы вычислений; элементарная теория погрешностей. Вычисление норм матриц. (2 час.)

Лабораторная работа № 2 Решение СЛАУ с симметричной положительно определённой матрицей методом Холецкого. (2 час.)

Лабораторная работа № 3. Аппроксимационные методы приближения функций. Многочлены Лежандра и Чебышёва. Нахождение многочлена наилучшего среднеквадратичного приближения. (2 час.)

Лабораторная работа № 4. Приближение функций методом наименьших квадратов. Применение техники сингулярного разложения (SVD-разложения) при реализации метода наименьших квадратов.(4 час.)

Лабораторная работа № 5. Псевдослучайные числа и методы их получения. Понятие о методе статистических испытаний.(2 час.)

Лабораторная работа № 6. Решение СЛАУ методом LU-разложения без выбора ведущего элемента. Составление уравнений равновесия систем твёрдых тел и их решение указанным методом.(2 час.)

Лабораторная работа № 7. Основная задача интерполяции. Системы Чебышёва. Интерполяция по Лагранжу: построение интерполяционного многочлена Лагранжа, вычисление его значений в точке.(2 час.)

Лабораторная работа № 8. Решение СЛАУ методом LU-разложения с частичным выбором ведущего элемента. Вычислительная погрешность результатов арифметических операций при вычислениях с плавающей точкой. Моделирование вычислительной погрешности в методе LU-разложения.(2 час.)

Лабораторная работа № 9. Численные методы решения нелинейных уравнений (методы бисекций, Деккера, Ньютона, Ньютона – Шрёдера, Чебышёва). (2 час.)

Лабораторная работа № 10. Метод продолжения по параметру.(2 час.)

Лабораторная работа № 11. Средства и инструменты используемых вычислительных пакетов. Построение геометрических моделей средствами Inventor. (2 час.)

Лабораторная работа № 12. Принципы расчетов с использованием конечно-элементных пакетов.ANSYS Workbench.(2 час.)

Лабораторная работа № 13. Принципы расчетов с использованием конечно-элементных пакетов ANSYS Mechanical.(2 час.)

Лабораторная работа № 14. Принципы расчетов с использованием конечно-элементных пакетов Fluent.(2 час.)

Лабораторная работа № 15. Принципы расчетов с использованием конечно-элементных пакетов Solid Works. (2 час.)

Лабораторная работа № 16. Расчет напряженно- деформированного состояния деталей машин и механизмов.(2 час.)

Лабораторная работа № 17. Расчет напряженно-деформированного состояния стержневых и балочных конструкций.(2 час.)

Лабораторная работа № 18. Расчет напряженного деформированного состояния деталей и конструкций с учетом влияния температурных напряжений. (2 час.)

Самостоятельная работа (54 часа)

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине:

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
2 семестр				

1	1-3 неделя	Устный опрос	2 часа	УО-1
2	3-8 неделя	Устный опрос, ИДЗ	4 часа	УО-1; ПР-12
3	7-13 неделя	Устный опрос, ИДЗ	4 часа	УО-1; ПР-12
4	10-17 неделя	Устный опрос, ИДЗ	4 часа	УО-1; ПР-12
5	12-18 неделя	Подготовка к зачету	4 часа	зачет
3 семестр				
1	1-18 неделя	Выполнение курсовой работы	9 часов	ПР-12
2	5-18 неделя	Подготовка к экзамену	27 часов	экзамен
		Итого:	54 часов	

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Устный опрос

Устные опросы проводятся преподавателем по завершению изучения каждого раздела. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг». Вопросы, возникающие в процессе подготовки, студент может задать преподавателю либо на занятиях, либо на консультациях

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результатом самостоятельной работы студентов являются:

1. Программы для решения заданий расчетно-графической работы, реализованные в системе ANSYS и оформленные в соответствии с правилами оформления программ. Эти программы обязательно отсылаются преподавателю почтой или приносятся в распечатанном виде преподавателю лично. Защита расчетно-графического задания осуществляется только после того, как задача проверена и оценена преподавателем.

Варианты ИДЗ для самостоятельной работы:
«Расчет упора, импортированного из CAD-систем»

Исходные данные: упор (рисунок 1) воспринимает нагрузку $F \approx 10$ кН, равномерно распределенную по лицевой грани; материал – Ст.3 (модуль упругости $2,1 \cdot 10^5$ МПа; коэффициент Пуассона 0,3; предел текучести 235 МПа). Твёрдотельная модель упора, созданная в одной из CAD-систем, записана в файл стандарта IGES.

Допущение: способ крепления данного упора позволяет в качестве граничных условий принять заделку по внутренним поверхностям больших отверстий.

Цель: импортировать твёрдотельную модель; упростить геометрию; определить общее напряженно-деформированное состояние упора.

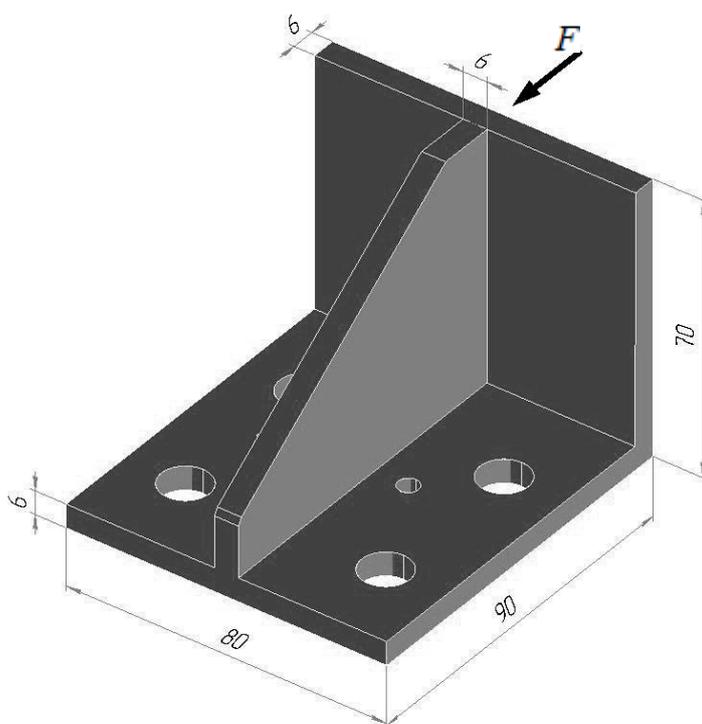


Рисунок 1 – Геометрия упора

Перед началом выполнения данной лабораторной работы файл support.igs, содержащий геометрическую модель упора, следует скопировать в рабочую папку программы ANSYS.

Для решения задачи предлагается выполнить следующие действия.

1. Запустить пакет ANSYS, указать имя задачи Lab9.
2. Импортировать твердотельную модель из IGES-файла в специальную базу данных, позволяющую упрощать геометрию: *Utility Menu>File>Import>IGES...*

Выбираем метод «Defeature model» (упрощать модель). Все остальные опции оставляем без изменения:

«Merge coincident keypoints?»: *Yes* (сливать совпадающие точки)

«Create solid if applicable?»: *Yes* (создавать объемы, если возможно)

«Delete small areas?»: *Yes* (удалять мелкие поверхности) *OK*.

В новой диалоговой панели нажимаем кнопку *Browse...* и указываем файл support.igs. *OK*.

3. Удалить два маленьких отверстия:
M_M>Preprocessor>Modeling>Simplify>Toolkit>Fill Cavity.

Указываем мышью две внутренние поверхности одного из маленьких отверстий (рисунок 2), *Apply*.

Затем указываем поверхности другого отверстия, *OK*.



Рисунок 2 – К удалению отверстий

4. Удалить фаску путем сворачивания поверхности в линию: *Main Menu>Preprocessor>Modeling>Simplify>Toolkit>Collapse Areas.*

Сначала мышью указываем подлежащую сворачиванию поверхность фас-ки (рисунок 3), *OK.*

Затем указываем линию, в которую будет сворачиваться поверхность, *OK.*

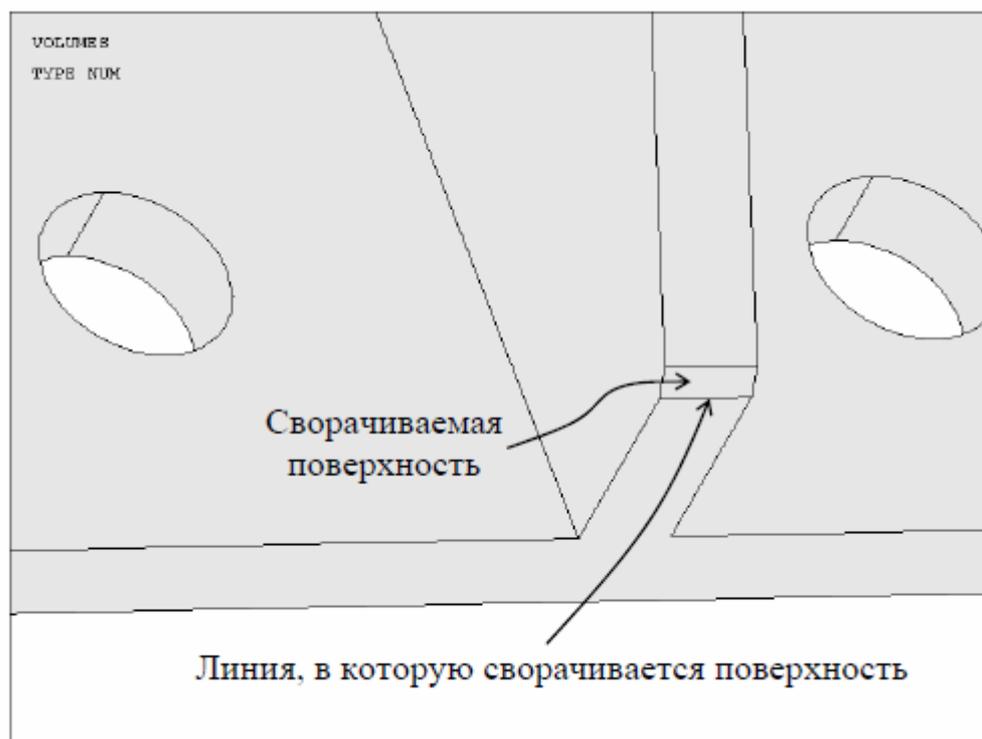


Рисунок 3 – К удалению фаски

5. Установить тип используемых в расчете элементов – 10-узловой четырех-гранный объемный элемент второго порядка SOLID187 (имеющий форму тетраэдра): *M_M>Preprocessor>Element Type> Add/Edit/Delete*.

Нажимаем *Add* и выбираем *Structural Solid>Tet 10node 187*, *OK* и *Close*.

6. Задать свойства материала: *M_M>Preprocessor>Material Props>Material Models*.

В правом окне последовательно (двойным щелчком мыши) выбираем *Structural>Linear>Elastic>Isotropic*.

Вводим:

EX: 2.1e5 (модуль упругости, МПа)

PRXY: 0.3 (коэффициент Пуассона) *OK*.

Закрываем панель.

7. Разбить твердотельную (геометрическую) модель на конечные элементы: *M_M>Preprocessor>Meshing>MeshTool*.

Глобальный размер длины стороны элементов задаем равным 7 мм. Для этого нажимаем кнопку *Set* строки «Global» и в поле «Element edge length» вводим число 7, *OK*.

В списке «Mesh» в качестве объектов для разбиения выбираем Volumes (объемы), в поле «Shape» указываем Tet (форма тетраэдра).

Поскольку объем является сложным, устанавливаем режим Free (свободная сетка).

После нажатия кнопки *Mesh* указываем единственный объем, *OK*. Появляющееся при этом предупреждение можно проигнорировать, *Close*. Получаемая здесь разбивка показана на рисунке 4.

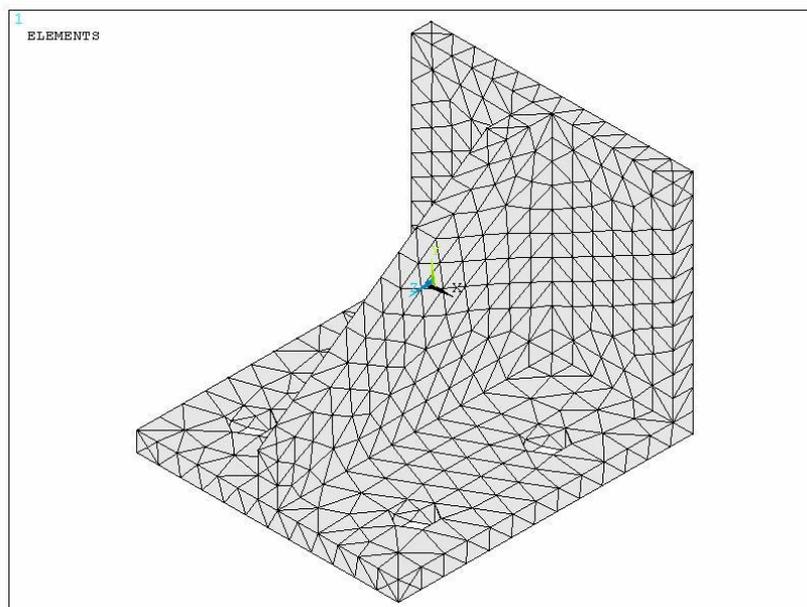


Рисунок 4 – Сетка конечных элементов

Размер элементов в рассматриваемом случае выбирался из тех соображений, чтобы число узлов не превышало 5000 (ограничение учебной версии ANSYS/ED).

Следует отметить, что элементы второго порядка (с промежуточными узлами) позволяют достаточно точно отражать криволинейную геометрию. Однако в данной детали, как видно на рисунке 4, отверстия представляются шестигранниками. Это связано лишь со способом изображения элементов на

экране. На самом деле отверстия имеют более или менее круглую форму. В этом можно убедиться, если отобразить только узлы (команда *U_M>Plot>Nodes*).

8. Задать граничные условия.

Согласно принятому допущению рассматриваемый упор жестко защемлен по всем оставшимся после упрощения геометрии отверстиям.

Здесь удобно воспользоваться командой задания перемещений на поверхностях: *M_M>Solution>Define Loads>Apply>Structural>Displacement>On Areas*.

Указываем по две внутренние поверхности каждого из отверстий, *OK*.

В поле «DOFs to be constrained» выбираем All DOF (все степени свободы). *OK*.

9. Приложить нагрузку.

Нагрузку зададим в виде распределенного по лицевой поверхности упора давления, равного отношению силы $F \approx 10$ кН к площади воспринимающей ее поверхности (см. рисунок 1):

$$p = \frac{10000}{70 \cdot 80} = 1,7857 \text{ МПа.}$$

Выбираем следующую последовательность: *M_M>Solution>Define Loads>Apply>Structural>Pressure>On Areas*.

Указываем лицевую поверхность, *OK*.

Вводим:

«Load PRES value»: 1.7857

OK.

Для изображения давления в виде стрелок воспользуемся командой *U_M>PlotCtrls>Symbols....*

В списке «Show pres and convect as» выбираем Arrows (стрелки). 10. Сохранить базу данных: *ANSYS Toolbar>SAVE_DB*.

База данных записывается в файл Lab9.db.

11. Запустить задачу на счет: *M_M>Solution>Solve>Current LS*.

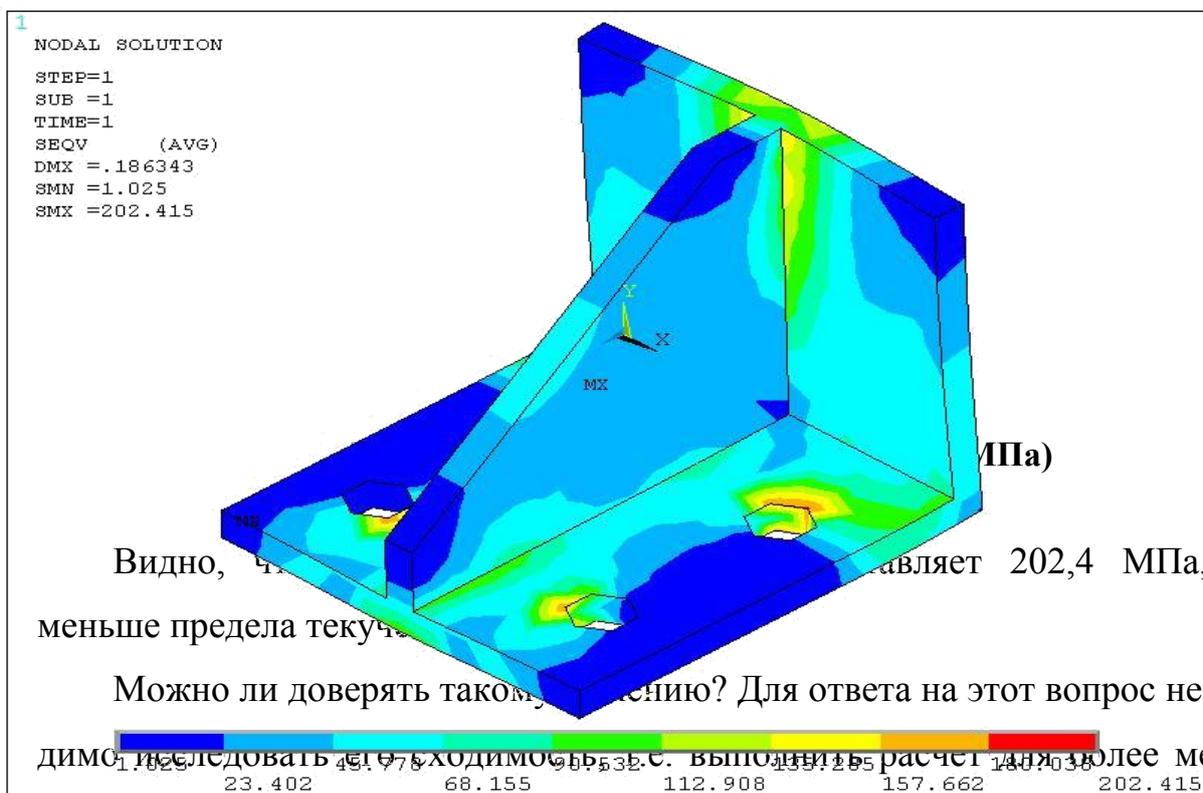
12. Отобразить деформированное состояние упора: *M_M>General Postproc>Plot Results>Deformed Shape.*

Включаем опцию «Def and undef edge» для наложения исходных границ упора на деформированную модель, *OK.*

13. Отобразить поле напряжений по Мизесу: *M_M>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu.*

Из списка доступных результатов выбираем *Nodal Solution>Stress>von Mises stress* (напряжение по Мизесу), *OK.*

Получаемое при этом изображение представлено на рисунке 5.



14. Для отчета по лабораторной работе записать в файл протокол команд базы данных: *U_M>File>Write DB Log File.*

Вводим имя Lab9.lgw.

15. Выйти из программы: *ANSYS Toolbar>QUIT.*

Методические указания по курсовой работе.

Курсовая работа по дисциплине «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» проводится с целью обобщить знание теоретических основ вычислительной механики и закрепить навыки практического применения численных методов расчетов и моделирования к решению задач. При этом рассматриваются расчетные методы компьютерного моделирования, позволяющие построить эпюры напряжений и деформаций для объектов различной геометрической формы, а также с учетом воздействия дополнительных температурных факторов. Использование современных вычислительных средств позволяет существенно облегчить процесс вычислений и интерпретации результатов.

В результате выполнения курсовой работы студент должен в достаточной степени овладеть современными методами решения задач вычислительной механики, методами компьютерного моделирования в пакетах ANSYS, Free fem. Выполнение курсовой работы направлено на формирование у обучаемых навыков самостоятельной научно-исследовательской и практической работы, грамотного оформления полученных результатов, умения представить результаты своей работы в виде пояснительной записки и защитить их в последующей дискуссии.

Целью курсовой работы по дисциплине «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» является:

дальнейшее развитие и закрепление знаний, полученных на лекционных и практических занятиях в области методов решения задач вычислительной механики;

совершенствование навыков моделирования и расчета напряженно-деформированного состояния и сопряженных задач;

развитие профессиональных навыков работы с современными вычислительными средствами.

Курсовая работа является составной частью учебной дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» и предназначен для практического закрепления и расширения полученных теоретических знаний..

Основные требования к выполнению курсовой работе

Каждый студент выполняет индивидуальное задание, список типовых заданий на курсовую работу приведен. Каждый студент обязан посетить не менее 5 консультаций по вопросам выполнения курсовой работы, предъявляя на предварительный просмотр преподавателю отдельные результаты расчетов или проект пояснительной записки. По результатам курсовой работы студентом, в соответствии с требованиями ДВФУ, оформляется пояснительная записка и сдается преподавателю на проверку. Если все недочёты, выявленные при консультациях, устранены, студент защищает курсовую работу, по результатам защиты выставляется итоговая оценка. Если пояснительная записка не удовлетворяет поставленным требованиям, то она возвращается студенту на доработку.

При выполнении курсовой работы студент обязан посетить консультации и зачесть у руководителя основные этапы:

1. Описание математической модели с входными и выходными данными решаемой задачи, её особенности;
2. Выполнение расчетов и построение эпюры скоростей и касательных напряжений в сечении потока.
3. Выполнение расчетов и построение диаграммы распределения давления вдоль продольной оси канала.

4. Получение количественных результатов и их визуализация. Численный расчет выполнен с помощью программы ANSYS, Free fem или Maple.

Содержание пояснительной записки

Пояснительная записка оформляется на листах формата А4 в соответствии с требованиями ЕСКД. Содержание курсовой работы по расчету плоских ламинарных течений вязкой несжимаемой жидкости должно включать:

Титульный лист.

Введение.

Глава 1.

Заключение.

Приложение. Программный код.

Список литературы.

Титульный лист должен содержать название темы курсовой работы, указание фамилии и инициалов, номер группы студента.

Качество защиты студентом проекта оценивается по качеству презентации или раздаточных материалов, подачи материала на докладе и ответам на вопросы по содержанию проекта.

Индивидуальные задания на курсовую работу по дисциплине «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»:

1. Определение критической нагрузки, вызывающей потерю устойчивости равновесия системы
2. Применение метода наименьших квадратов для определения температурного поля стенки с кривизной
3. Применение метода коллокации подобласти для определения температурного поля.
4. Применение метода коллокации подобласти для определения формы прогиба балки

5. Применение метода коллокации подобласти для определения температурного поля в стенке с кривизной

6. Применение метода наименьших квадратов для определения формы прогиба балки

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает индивидуальные расчетно-графические задания, выполнение курсовой работы и подготовку к устным опросам. Критерии оценки каждого вида работы приведены в фондах оценочных средств

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1	ОК-13	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-8
			Умеет	ИДЗ (Пр-12)	Задачи тип I
			Владеет	.	
2	Раздел 2	ОК-14, ПК-4	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-8
			Умеет	ИДЗ (Пр-12)	Задачи тип I
			Владеет	Курсовая работа ч.1 (ПР-5)	
3	Раздел 3	ОК-17	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 9-35
			Умеет	ИДЗ (Пр-11)	Задачи тип I
			Владеет	Курсовая работа ПР-5	защита
4	Раздел 4	ОПК-5, ПК-4	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 36-40
			Умеет	ИДЗ (Пр-12)	Задачи тип I
			Владеет	Курсовая работа ч.2 (ПР-5)	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Пикуль, В.В. Механика деформируемого твердого тела : учебник для вузов. – Владивосток: Изд. дом Дальневосточного федерального университета, 2012. – 333 с
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:681590&theme=FEFU>
2. Джакупов, К. Б. Вычислительная механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / К. Б. Джакупов. — Электрон. текстовые данные. — Алматы : Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2011. — 295 с. — 9065-29-717-7. <http://www.iprbookshop.ru/57432.html>
3. Маковкин, Г. А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г. А. Маковкин, С. Ю. Лихачева. — Электрон. текстовые данные. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 71 с. — 2227-8397. <http://www.iprbookshop.ru/16043.html>
4. Шаманин, А. Ю. Расчеты конструкций методом конечных элементов в ANSYS [Электронный ресурс] : методические рекомендации / А. Ю. Шаманин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московская государственная академия водного транспорта, 2012. — 72 с. — 2227-8397.

<http://www.iprbookshop.ru/47951.html>

Дополнительная литература

1. Прокопьев В.И. Вычислительная механика. Часть 1. Статика стержневых структур [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Прокопьев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 67 с. — 978-5-7264-1477-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63071.html>

2. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел/Присекин В.Л., Расторгуев Г.И. - Новосибир.: НГТУ, 2010. - 238 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=548237>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Официальный сайт ANSYS <http://www.ansys.com/>
2. Материалы свободно распространяемой энциклопедии <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>
3. Помощник в обучении ансис – вебинары, статьи, поддержка, обучение <http://cae-expert.ru/>
4. Уроки по Solidworks - <http://teachmaterials.ru/lessons/>
5. САПР-журнал Статьи, уроки и материалы для специалистов в области САПР. <http://sapr-journal.ru/uroki-solidworks/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Необходимое программное обеспечение: система инженерных вычислений ANSYS (<http://www.ansys.com/Student>) и система

проектирования (<http://www.solidworks.ru/>), конечно-элементный пакет Freefem++.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины отводится 108 часов аудиторных занятий и 72 часов самостоятельной работы.

1. Сценарий изучения дисциплины

Для успешного изучения дисциплины «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» необходимо следующее: на лекциях преподаватель объясняет теоретический материал. Преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующее пособие, просмотреть практикум с разобранными примерами. Самостоятельная работа организовывается в соответствии с графиком выполнения самостоятельной работы

2. Рекомендации по работе с литературой. Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно используются теоретико-практические источники из списка основной и дополнительной литературы. Литературу по курсу можно изучать в библиотеке, брать книгу на дом или читать ее на компьютере (если это электронный ресурс). Полезно использовать несколько учебников, однако желательно придерживаться рекомендации преподавателя по выбору книг по каждому разделу. Не рекомендуется «заучивать» материал, желательно добиться понимания изучаемой темы дисциплины, а затем использовать изученный материал для реализации заданий. Кроме того, очень полезно выделить для себя направления дальнейшего изучения материала, для достижения более продвинутого уровня изучения дисциплины.

3. Рекомендации по подготовке к зачету и экзамену. Успешная подготовка к зачету и экзамену по дисциплине включает, с одной стороны, добросовестную работу в течение семестра, выполнение всех заданий преподавателя, а с другой – правильная организация процесса непосредственной подготовки. При подготовке к зачету необходимо освоить теорию: разобрать определения всех понятий, повторить приемы решения задач. Затем рассмотреть примеры и самостоятельно реализовать задания из каждой темы. При этом, если задания формулируются студентом самостоятельно, достигается более продвинутый уровень изучения дисциплины.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Оборудование мультимедиа, размещенное в аудиториях для проведения лекционных занятий по дисциплине:

- Документ-камера AVervision CP355AF
- ЖК-панель 47м, Full HD, LG M4716CCBA
- Стойка металлическая для ЖК-дисплея У SMS Flatscreen FH T1450
- Проектор, 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10)

Panasonic PT-DZ110XE

- Экран 316x500 см, 16:10 с эл. Projecta Elpro Large Electrol 316x500 см
- ЖК-панель, LG M4214CCBA
- Врезной интерфейс для подключения ноутбука с ретракторами TAM

201 Standard3

Для проведения лекционных занятий требуется аудитория с мультимедийным оборудованием:

- Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара)

- Врезной интерфейс с системой автоматического втягивания кабелей TLS TAM 201 Standart III
- Комплект удлинителей DVI по витой паре (передатчик/приёмник), Extron DVI 201 Tx/Rx
- Матричный коммутатор DVI 4x4. Extron DXP 44 DVI PRO
- Микрофонная петличная радиосистема УВЧ диапазона Sennheiser EW 122 G3 в составе речевого приёмника EM 100 G3, передатчика SK 100 G3, петличного микрофон ME 4 с ветрозащитой и антенн (2 шт.)

Оборудование, размещенное в аудиториях для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине:

Моноблоки Lenovo C360G-i34164G500UDK – 20 шт;

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 – 1 шт;

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см, размер рабочей области 236x147 см – 1 шт;

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара) – 3 шт;

Документ-камера Avervision CP355AF – 1 шт;

ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716CCBA – 1 шт;

Сетевая видеочкамера Multipix MP-HD718 – 1 шт.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПАСПОРТ ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>способностью владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-13)</p>	Знает	<p>сущность и роль информации в развитии современного информационного общества, основные требования информационной безопасности</p>
	Умеет	<p>применять современные компьютерные технологии в научных исследованиях и при решении практических задач в рамках научно-исследовательской и профессиональной деятельности</p>
	Владеет	<p>основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией</p>
<p>способностью владеть одним из иностранных языков на уровне чтения и понимания научно-технической литературы, способностью общаться в устной и письменной формах на иностранном языке (ОК-14)</p>	Знает	<p>основные принципы построения устной и письменной речи на русском и иностранных языках</p>
	Умеет	<p>использовать основные лексико-грамматические средства в коммуникативных ситуациях бытового, официально-делового и научного общения; понимать содержание различного типа текстов на иностранном языке.</p>
	Владеет	<p>навыками письма и общения на английском языке, умением логически верно и грамотно выстраивать свою речь и письмо на русском языке, навыками технического перевода</p>
<p>владением средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, быть готовым к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-17)</p>	Знает	<p>методики развития и совершенствования своего физического, интеллектуального и общекультурного уровня</p>
	Умеет	<p>планировать своё физическое, интеллектуальное и культурное развитие; ставить перед собой адекватные цели и добиваться их осуществления, сопоставлять достигнутое с поставленными целями.</p>
	Владеет	<p>способами духовного и интеллектуального самопознания, саморазвития и самосовершенствования</p>

готовностью руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-5)	Знает	особенности и механизмы руководства коллективом в сфере научной или педагогической деятельности
	Умеет	анализировать, распознавать, понимать и правильно оценивать работу научного или научно-педагогического коллектива на основе системного подхода
	Владеет	способностями коллективного решения задач в сфере научной или педагогической деятельности при условии толерантного отношения к социальным, этническим, конфессиональным и культурным различиям
способностью самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач	Знает	основы применения современных систем компьютерной математики и проектирования для решения задач прикладной механики
	Умеет	применять современные теории и вычислительные системы, осуществлять проектирование деталей и узлов с использованием программных систем компьютерного проектирования (CAD-систем) на основе эффективного сочетания передовых CAD/CAE-технологий, выполнять многовариантные конечно-элементные расчеты
	Владеет	навыками применения наукоемких компьютерных технологий (CAD/CAE-систем), проектирования и компьютерного инжиниринга для эффективного решения задач прикладной механики

Контроль достижений целей курса

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1	ОК-13	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-8

			Умеет	ИДЗ (Пр-12)	Задачи тип I
			Владеет		
2	Раздел 2	ОК-14, ПК-4	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-8
			Умеет	ИДЗ (Пр-12)	Задачи тип I
			Владеет	Курсовая работа ч.1 (ПР-5)	
3	Раздел 3	ОК-17	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 9-35
			Умеет	ИДЗ (Пр-11)	Задачи тип I
			Владеет	Курсовая работа ПР-5	защита
4	Раздел 4	ОПК-5, ПК-4	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 36-40
			Умеет	ИДЗ (Пр-12)	Задачи тип I
			Владеет	Курсовая работа ч.2 (ПР-5)	

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
способностью владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-13)	Знает	сущность и роль информации в развитии современного информационного общества, основные требования информационной безопасности	<ul style="list-style-type: none"> - знание принципов моделирования, приемов, методов, способов формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере; - знание достоинств и недостатков различных способов представления моделей систем; - знание особенностей компьютерного моделирования механических систем. 	<ul style="list-style-type: none"> - способность сформулировать и описать основные принципы моделирования, приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их на компьютере; - способность проанализировать различные модели системы, выделить их достоинства и недостатки; - способность выявить и объяснить особенности компьютерного моделирования механических систем.
	Умеет	применять современные компьютерные технологии в научных исследованиях и при решении практических задач в рамках научно-исследовательской и профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> - умение применять на практике основные методы исследования математических моделей реальных процессов и конструкций; - умение работать с компьютерными системами; - умение пользоваться современными программными средствами. 	<ul style="list-style-type: none"> - способность применять на практике основные методы исследования математических моделей реальных процессов и конструкций; - способность работать с компьютерными системами; - способность пользоваться современными программными средствами.
	Владеет	основными методами, способами	- владение математическим аппаратом, необходимым для	- способность использовать математический аппарат,

		и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией	построения математических моделей, - владение пакетами прикладных программ для инженерного анализа, CAD/CAE/CAM системами.	необходимый для построения математических моделей, - способность применять пакеты прикладных программ для инженерного анализа, CAD/CAE/CAM системы.
способностью владеть одним из иностранных языков на уровне чтения и понимания научно-технической литературы, способностью общаться в устной и письменной формах на иностранном языке (ОК-14)	Знает	основные принципы построения устной и письменной речи на русском и иностранных языках	- знание основных понятий, определений и нормативных актов составления проектной документации;	- способность сформулировать основные понятия и определения, описать нормативные акты составления проектной документации;
	Умеет	использовать основные лексико-грамматические средства в коммуникативных ситуациях бытового, официально-делового и научного общения; понимать содержание различного типа текстов на иностранном языке.	- умение готовить данные и импортировать их в различные программы для подготовки отчетов и презентаций; - умение представлять информацию области профессиональной деятельности в виде документов, гипертекстовых документов, презентаций, отчетов;	- способность готовить данные и импортировать их в различные программы для подготовки отчетов и презентаций; - способность представить информацию в виде документов, гипертекстовых документов, презентаций, отчетов;
	Владеет	навыками письма и общения на английском языке, умением логически верно и грамотно выстраивать свою речь и письмо на русском языке, навыками технического перевода	- владение компьютером как средством обработки информации; - владение методами обработки данных в стандартных пакетах;	- способность свободно работать с компьютером как со средством обработки информации; - способность применять методы обработки данных в стандартных пакетах;
владением средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, быть готовым к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной	Знает	методики развития и совершенствования своего физического, интеллектуального и общекультурного уровня	Понимание социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности	Способность объяснить научно- биологические, педагогические и практические основы физической культуры и здорового образа жизни
	Умеет	планировать своё физическое, интеллектуальное и культурное развитие; ставить перед собой адекватные цели и	Умение использовать простейшие приемы укрепления здоровья, добиваться повышения уровня физической подготовки	способность выполнять индивидуально подобранные комплексы оздоровительной и адаптивной (лечебной) физической культуры, композиции

социальной и профессиональной деятельности (ОК-17)		добиваться их осуществления, сопоставлять достигнутое с поставленными целями.		ритмической и аэробной гимнастики, комплексы упражнения атлетической гимнастики
	Владеет	способами духовного и интеллектуального самопознания, саморазвития и самосовершенствования	Владение средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья	Способность к достижению и поддержанию должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
готовностью руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-5)	Знает	особенности и механизмы руководства коллективом в сфере научной или педагогической деятельности	Знает основы социальных и этических норм, основы работы в коллективе, в том числе и в качестве руководителя	Способность воспринимать многообразие различных социальных институтов, социальных групп и общностей
	Умеет	анализировать, распознавать, понимать и правильно оценивать работу научного или научно-педагогического коллектива на основе системного подхода	Умеет результативно работать в коллективе, ставить цели и задачи, с учётом понимания социальных, этнических, конфессиональных и культурных различий	Способность понимать и правильно оценивать общественную жизнь на основе системного подхода, всестороннего видения социальных проблем современности
	Владеет	способностями коллективного решения задач в сфере научной или педагогической деятельности при условии толерантного отношения к социальным, этническим, конфессиональным и культурным различиям	Владеет навыками самоорганизации и самодисциплины, навыками работы в коллективе	Способность к объективной оценке социальных проблем в ходе решения задач профессиональной деятельности
самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и	Знает	основы применения современных систем компьютерной математики и проектирования для решения задач прикладной механики	Знание современных теории, физико-математические и вычислительных методов, систем компьютерной математики	Способность осваивать современные теории, физико-математические и вычислительные методы, для решения задач в научно-исследовательской и профессиональной деятельности
	Умеет	применять современные теории и вычислительные	Умение осуществлять проведение моделирования и расчетно-	Умеет самостоятельно осваивать и применять высокопроизводительные вычислительные

компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач (ПК-4)		системы, осуществлять проектирование деталей и узлов с использованием программных систем компьютерного проектирования (CAD-систем) на основе эффективного сочетания передовых CAD/CAE-технологий, выполнять многовариантные конечно-элементные расчеты	экспериментальных исследований в области прикладной механики на основе классических и технических теорий и методов	системы и используемые в промышленности наукоемкие компьютерные технологии (CAD/CAE-системы мирового уровня)
	Владеет	навыками применения наукоемких компьютерных технологий (CAD/CAE-систем), проектирования и компьютерного инжиниринга для эффективного решения задач прикладной механики	Владение навыками работы с новыми системами компьютерной математики, автоматизированного проектирования и компьютерного инжиниринга	Способность эффективно решать профессиональные задачи с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и CAD/CAE технологий

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания
результатов освоения дисциплины**

Оценочные средства для текущей аттестации

Перечень устных вопросов по темам дисциплины

1. Основные современные численные методы расчета конструкций.
2. Суть (основная идея) метода конечных элементов.
3. Дискретизация расчетной области конструкции при расчете МКЭ.
4. Суть дискретной модели рассчитываемой конструкции по МКЭ.
5. Основные шаги общего алгоритма статического расчета по МКЭ.

6. Конечные элементы, их типы. Степени свободы конечного элемента. Конечно-элементная расчетная схема. Приведение нагрузки на систему к узловой.

7. Матрица жесткости конечного элемента. Ее структура. Связь между перемещениями узлов элемента и усилиями, действующими на них.

8. Дайте определение числовой матрице.

9. Квадратная, прямоугольная, единичная матрица, матрица-вектор.

10. Сложение, вычитание и перемножение матриц.

11. Обратная матрица, её использование.

12. Смысл коэффициентов матрицы влияния изгибающих моментов.

13. Формулы вычисления элементов матрицы жесткости конечного элемента.

14. Формулы вычисления элементов матрицы геометрической жесткости конечного элемента.

15. Формулы вычисления элементов матрицы масс конечного элемента.

16. Метод разложения по собственным формам.

17. Участие собственных формы матрицы в расчетах.

18. Функции матриц.

19. Преобразование матрицы жесткости конечного элемента при повороте координатных осей.

20. Матрица жесткости системы конечных элементов. Ее структура. Связь между перемещениями узлов конечно-элементной схемы и усилиями, действующими на них.

21. Векторы перемещений и усилий, действующих на элемент. Векторы перемещений и усилий, действующих и на систему элементов, их структура и связь между собой.

22. Соединение конечных элементов. Условие равновесия узлов в конечно-элементной схеме. Формирование системы разрешающих уравнений метода конечных элементов.

23. Формирование глобальной матрицы жесткости конечно-элементной схемы из матриц жесткости конечных элементов.

24. Определение внутренних усилий в стержневых конечных элементах после нахождения узловых перемещений в конечно-элементной схеме. Учет направленности осей местной системы координат конечного элемента по отношению к глобальной системе осей координат конечно-элементной схемы.

25. Учет связей и заданных узловых перемещений в системе разрешающих уравнений метода конечных элементов.

26. Расчёт плиты методом конечных элементов и ее разделение на элементы.

27. Зависимость между величинами в матрице жесткости отдельного элемента в методе конечных элементов.

28. Общая процедура расчета стержневых систем методом конечных элементов в форме метода перемещений. Реализация алгоритма МКЭ в современных программных комплексах.

29. Препроцессор, процессор, постпроцессор, библиотеки конечных элементов.

30. Решение задачи определения перемещений для произвольного силового воздействия в матричной форме.

31. Решение задачи определения внутренних сил для произвольного силового воздействия в матричной форме.

32. Решение задачи определения перемещений для гармонического воздействия в матричной форме.

Критерии оценки устного опроса:

✓ 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела механики, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять

сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела механики, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого раздела механики, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание основных положений изучаемого раздела механики, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, сформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа;

Критерии оценки индивидуального задания

✓ 10 – 8 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все задания индивидуального задания. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7 – 6 баллов – работа выполнена полностью; студент выполнил все предложенные в индивидуальном задании задания. Присутствует математическая ошибка счета. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 5 – 4 балла – работа выполнена полностью. Присутствует математическая ошибка счета. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 1 – 3 балла – работа выполнена не полностью. Присутствует математическая ошибка счета. При защите студент не отвечает более, чем на 2 вопроса преподавателя.

✓

Критерии оценки курсовой работы:

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, если на защите курсовой работы он показывает прочные знания основных методов вычислительной механики, умеет оценивать эффективность их применения и погрешность вычислений, демонстрирует способность к самостоятельному углублению знаний в области численного моделирования задач механики.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если на защите курсовой работы он показывает прочные основных методов расчета моделей вычислительной механики, умеет оценивать эффективность их применения и погрешность вычислений, демонстрирует способность к самостоятельному углублению знаний в области численного моделирования задач механики. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл выставляется студенту, если на защите курсовой работы он показывает знания основных методов расчета задач вычислительной механики, умеет оценивать погрешность вычислений, но демонстрирует

недостаточную полноту выполнения задания. Допускается несколько ошибок в пояснительной записке.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если на защите курсовой работы он показывает знания основных методов расчета задач вычислительной механики, умеет оценивать погрешность вычислений, но демонстрирует недостаточную полноту выполнения задания. Допускаются серьезные ошибки в пояснительной записке; демонстрирует неумение использовать программные средства и вычислительные пакеты.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Осуществление математического моделирования до создания реальной системы.
2. Основная задача математического моделирования.
3. Определение математической модели.
4. Альтернативный подход решения научных задач математическому моделированию.
5. Основные недостатки экспериментального подхода.
6. Важнейшая характеристика математической модели.
7. Виды аналитических математических моделей.
8. Краткая характеристика видов моделей.
9. Величины, с которыми оперируют детерминированные модели.
10. Линейная детерминированная модель в общем виде.
11. Поверхность отклика для линейной модели.
12. Модель стоимости перевозок.
13. Использование линейных детерминированных моделей.
14. Простейшая математическая модель изменения силы тяги ГТД.

15. Модель установившегося процесса горизонтального полёта самолёта.

16. Нелинейные математические модели.

17. Общий вид квадратичного полинома.

18. Формула полинома.

19. Привидение полинома к линейному виду.

20. Числительные методы и алгоритмы. Конечно-разностные методы решения краевых задач прикладной теории упругости.

21. Использование математических моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнениях.

22. Математическая модель движения груза массой m , закрепленного на вертикальной стенке с помощью пружины жесткостью C и совершающего колебательное движение вдоль оси x в среде с вязкостью ν .

23. Использование математических моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных.

24. Особенность математических моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных.

25. Типы граничных условий.

26. Математическая модель распределения температурного поля в металлическом прутке, нагреваемом с одной стороны.

27. Характеристика величин, входящих в стохастическую модель.

Вопросы к экзамену

1. Поверхность отклика моделей, исследуемых методом статистических испытаний.

2. Сущность метода Монте-Карло.

3. Трудности, возникающие при исследовании стохастических моделей.

4. Законы распределения случайной величины.

5. Плотность распределения для нормального закона.

6. Плотность распределения для закона равной вероятности.
7. Определение оценки математического ожидания и дисперсии случайной величины.
8. Выборочная статистика.
9. Погрешность стохастического моделирования.
10. Исходный материал при построении эмпирической модели.
11. Использование физической теории работы объекта при построении эмпирической модели.
12. Объект и задача идентификации.
13. Уравнение регрессии.
14. Начало процесса идентификации.
15. Причины проведения непланируемого эксперимента.
16. Метод наименьших квадратов.
17. Метод конечных элементов (МКЭ).
18. Основные соотношения МКЭ в форме метода перемещений.
19. Соотношения МКЭ в форме метода сил.
20. Соотношения МКЭ в форме смешанного метода.
21. Типы конечных элементов. Обобщённые узловые перемещения.
22. Матрица жёсткости конечного элемента.
23. Глобальная матрица жесткости. Глобальный вектор узловых сил.
24. Граничные условия. Система алгебраических уравнений относительно глобального вектора узловых перемещений.
25. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
26. Нормы векторов и матриц. Типы используемых матриц.
27. Метод исключения Гаусса. Метод прогонки трёхдиагональной матрицы.

Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине

«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100 - 60	«зачет»	«Зачет» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил учебный материал по дисциплине, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, связанных с проектированием и реализацией программ в области профессиональной деятельности.
59 и менее	«незачет»	«Не зачет» выставляется студенту, который не знает значительной части учебного материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. «Не зачет» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил учебный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет решать базовые задачи, свободно справляется с, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, свободно использует компьютер для получения решения, правильно обосновывает полученное решение и оценивает его погрешность, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, связанных с применением в области механики.
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, связанных с

		применением знаний в области профессиональной деятельности, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения с использованием вычислительных средств.
61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ, связанным с применением изученных методов в области своей профессиональной деятельности
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, связанные с применением изученного материала. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Проверочные задания к экзамену по дисциплине

Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Являются дополнительным вопросом при составлении экзаменационного билета (проверочные задачи допускают изменения в начальных данных)

1. Вычислить первую вариацию и градиент функционала качества, заданного формулой

$$J[v] = \frac{1}{2} \int_{\Omega} (T(v; x, y) - T_c(x, y))^2 dx dy + \frac{\varepsilon}{2} \int_{\Omega} |v|^2 dx dy.$$

2. Пусть L – симметричный самосопряженный оператор в гильбертовом пространстве. Необходимые условия оптимальности в задаче нагрева

$$LT = f + u, \quad x \in (0,1),$$

при выборе квадратичного функционала наблюдения

$$J[u] = \frac{1}{2} \int_0^1 (T(u; x, y) - T_c(x, y))^2 dx dy + \frac{\varepsilon}{2} \int_0^1 |u|^2 dx dy$$

имеют вид

$$LT = f + u,$$

$$Lp = T - T_c,$$

$$\nabla J_\varepsilon(u) = 2 \cdot \left(p(x) + \frac{1}{\varepsilon^2} u(x) \right) = 0, \quad x \in (0,1).$$

Решить задачу оптимального управления нагрева пластины в одномерном случае $x \in (0,1)$ при управляемом внешнем источнике u , используя метод градиентного спуска.

Найти решение при следующих данных:

$$f = 10, \quad T_c = 4 \cdot x \cdot (1 - x), \quad \varepsilon = 0.01, \quad T(0) = T(1) = 0.$$

При итерационном процессе принять начальное приближение $u_0 = 30$, шаг метода выбрать $\tau_k = 0.001$.